

Family list

1 application(s) for: JP9051548 (A)

**1 DISPLAY METHOD, DISPLAY MEDIUM, AND DISPLAY DEVICE
FOR COLOR IMAGE USING MONOCHROMATIC LIGHT****Inventor:** UCHIYAMA TAKASHI ; MOTEGI
TOSHIO**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD**EC:****IPC:** G02F1/01; G09G3/20; G09G5/06; (+9)**Publication info:** JP9051548 (A) — 1997-02-18
JP3529505 (B2) — 2004-05-24

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-051548

(43)Date of publication of application : 18.02.1997

(51)Int.Cl.

H04N 9/64

G02F 1/01

G09G 3/20

G09G 5/06

(21)Application number : 07-219782

(71)Applicant : DAINIPPON PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 04.08.1995

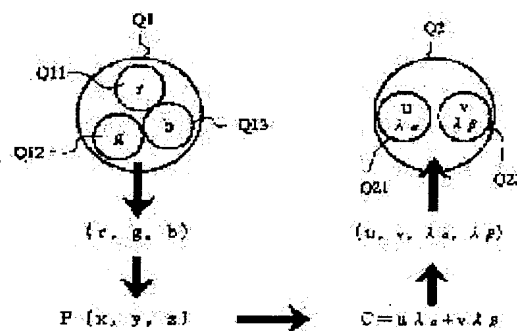
(72)Inventor : UCHIYAMA TAKASHI
MOTEGI TOSHIO

(54) DISPLAY METHOD, DISPLAY MEDIUM, AND DISPLAY DEVICE FOR COLOR IMAGE USING MONOCHROMATIC LIGHT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the display method for the color image which can improve the display luminance and resolution and suppress the generation of color slurring.

SOLUTION: The pixel value (r, g, b) that a display pixel Q1 of a conventional RGB colorimetric system has is converted into a pixel value (x, y, z) of an XYZ colorimetric system and the point (x, y, z) is plotted in an XYZ color solid. The composite color C corresponding to this point P(x, y, z) is represented as a vector composition equation $C = u \cdot \lambda \alpha + v \cdot \lambda \beta$. Here, $\lambda \alpha$ and $\lambda \beta$ are vectors showing arbitrary monochromatic light and (u) and (v) are coefficients. Two subpixels Q21 and Q22 are defined in the pixel Q2, the monochromatic light $\lambda \alpha$ is displayed with luminance (u) in the subpixel Q21, and monochromatic light $\lambda \beta$ is displayed with luminance (v) in the subpixel Q22, so that the whole pixel Q2 is observed as if the same color display with the pixel Q1 are made.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-51548

(43) 公開日 平成9年(1997)2月18日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 9/64			H 0 4 N 9/64	F
G 0 2 F 1/01			G 0 2 F 1/01	D
G 0 9 G 3/20		4237-5H	G 0 9 G 3/20	K
5/06		9377-5H	5/06	

審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平7-219782

(22) 出願日 平成7年(1995)8月4日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 内山 隆

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 茂出木 敏雄

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

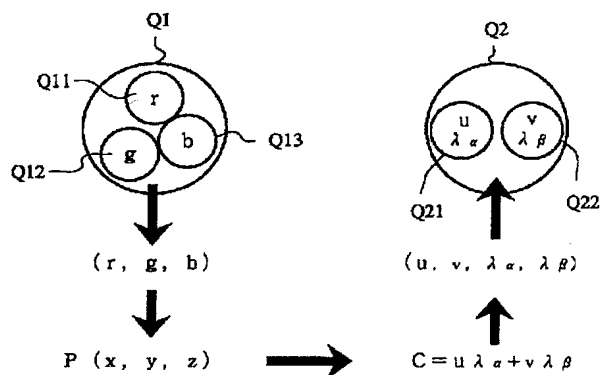
(74) 代理人 弁理士 志村 浩

(54) 【発明の名称】 単色光を用いたカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置

(57) 【要約】

【課題】 表示輝度および解像度を向上させ、色ずれの発生を抑えることができるカラー画像の表示方法を提供する。

【解決手段】 従来のRGB表色系における表示画素Q1のもつ画素値(r, g, b)を、XYZ表色系における画素値(x, y, z)に変換し、XYZ色立体内において、点P(x, y, z)をプロットする。この点P(x, y, z)に相当する合成色Cを、ベクトル合成式 $C = u \cdot \lambda \alpha + v \cdot \lambda \beta$ で表わす。ここで、 $\lambda \alpha$ および $\lambda \beta$ は任意の単色光を示すベクトルであり、u, v は係数である。画素Q2内に2つの副画素Q21, Q22を定義し、副画素Q21内に単色光 $\lambda \alpha$ を輝度uで表示し、副画素Q22内に単色光 $\lambda \beta$ を輝度vで表示すると、画素Q2全体としては、画素Q1と同等の色表示がなされているように観察される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の画素からなるカラー画像を表示する方法において、
個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ を第1の輝度もしくは濃度 u で表示し、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ を第2の輝度もしくは濃度 v で表示し、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度もしくは濃度をそれぞれ独立して設定することを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項2】 請求項1に記載の表示方法において、可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができる三原色表色系を定義し、この三原色表色系で個々の画素を表現したカラー画像を用意する段階と、前記三原色表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示される種々の合成色のうち、前記カラー画像を構成する個々の画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を、当該画素に対応づける段階と、
前記カラー画像を構成する個々の画素について、それぞれ対応づけられた合成色を示すベクトル合成式の各因数「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する段階と、
を有することを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項3】 請求項2に記載の表示方法において、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」におけるベクトル $\lambda\alpha, \lambda\beta$ に相当する単色光として可視波長域内に有限個の単色光を定義するとともに、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」における係数 u および v の採るべき値として有限個の離散値を定義し、これら有限個の単色光および離散値に基づいて有限個の合成色を定義し、前記有限個の合成色のうち、カラー画像を構成する画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を選択し、選択した合成色を当該画素に対応づけるようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項4】 請求項3に記載の表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 u に応じた表示領域内に配置した第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 v に応じた表示領域内に配置した第2の副画素と、を用意し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項5】 請求項3に記載の表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長をもったビームを係数 u に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長をもったビームを係数 v に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第2の副画素と、を形成し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示方法。

【請求項6】 複数の画素からなるカラー画像を表示した媒体において、
個々の画素が、少なくとも2つの副画素によって表現され、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度もしくは濃度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度もしくは濃度 v で表示され、用いられている単色光およびその輝度もしくは濃度が、個々の画素ごとにそれぞれ独立していることを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項7】 請求項6に記載の表示媒体において、
個々の副画素内に、単色光を発する性質をもった表示領域を定義し、この表示領域の面積によって表示すべき単色光の輝度を調節するようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項8】 請求項6に記載の表示媒体において、
個々の副画素内に、所定の面積をもった表示領域を定義し、この表示領域内に、表示すべき単色光に応じたピッチの回折格子を形成したことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示媒体。

【請求項9】 複数の画素からなるカラー画像を表示する装置において、
所定の可視波長域にわたって波長を連続的にもしくは離散的に変調させることができ、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源と、
この単色光光源で発生した単色光の強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった強度変調器と、
この強度変調器によって変調された単色光ビームを所定の表示面に照射し、この表示面上に単色光ビームのスポットを形成し、このスポットを前記表示面上で走査することにより、前記表示面上にスポットからなる多数の画素を形成するビーム走査装置と、
前記単色光光源に所定の波長指定信号を与えることにより、発生させる単色光波長を指定する波長変調制御と、
前記強度変調器に所定の強度指定信号を与えることにより、単色光ビームの強度を指定する強度変調制御と、
を行う機能をもった制御装置と、
を備え、

前記制御装置が、第1の単色光波長と第1の強度とを指定する第1の制御と、第2の単色光波長と第2の強度とを指定する第2の制御と、を実行することにより、前記

表示面上に1つの画素が形成されるようにしたことを特徴とする単色光を用いたカラー画像の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は単色光を用いたカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置に関し、特に、複数の画素からなるカラー画像を表示するための手法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、カラー画像は、複数の画素の集合として表示され、1つの画素は三原色によって表現される。このとき用いられる三原色は、表示媒体によって異なる。すなわち、CRTや液晶表示装置などのいわゆるディスプレイを表示媒体として用いた場合には、RGB三原色表色系を利用し、紙面などの印刷媒体を表示媒体として用いた場合には、CMY三原色表色系（およびこれにKを加えたもの）を利用するのが一般的である。このような三原色表色系を利用したカラー画像の表示方法は、人間の眼に対して天然色に近い画像を提示することができるため、非常に広い分野において利用されている。

【0003】また、最近では、回折格子からなる画素の集合により、カラー画像を表示する手法も提案されている。たとえば、特開平3-206401号公報や、特願平6-177504号明細書などには、RGB三原色表色系を利用し、回折格子からなる画素を平面上に配置することにより、カラー画像を回折格子によって表示する手法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】三原色表色系を利用してカラー画像を表示する場合、1つの画素を3つの色で表示する必要がある。ところが、3つの色を平面上において物理的に重ねることができない場合には、1つの画素を3つの副画素に分割し、個々の副画素内にそれぞれの色を提示する必要がある。たとえば、カラーディスプレイ装置などでは、1つの画素は3つの副画素から構成され、個々の副画素にはそれぞれR、G、Bの色表示がなされることになる。また、回折格子によって表現されたカラー画像では、やはり1つの画素は3つの副画素から構成され、個々の副画素にはそれぞれR、G、Bの回折光を発生させる回折格子が形成されることになる。このように、1画素を3つの副画素に分割し、各副画素の提示する合成色として所定色を表示すると、1画素全体で所定色を提示する場合に比べて、輝度が1/3に低下することになる。また、解像度の限界が、1画素の大きさではなく1副画素の大きさによって支配されることになるため、解像度も1/3に低下することになる。

【0005】この三原色表色系を利用してカラー画像を表示する方法のもうひとつの問題点は、色ずれが生じやすいという点である。たとえば、CRTディスプレイ装

置では、いわゆるコンバージョンずれという現象が生じることが知られており、また、印刷では、いわゆる色間見当ずれという現象が生じることが知られている。

【0006】そこで本発明は、表示輝度および解像度を向上させることができ、また、色ずれの発生を抑えることができるカラー画像の表示方法／表示媒体／表示装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の第1の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示する方法において、個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ を第1の輝度もしくは濃度 u で表示し、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ を第2の輝度もしくは濃度 v で表示し、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度もしくは濃度をそれぞれ独立して設定するようにしたものである。

【0008】(2) 本発明の第2の態様は、上述の第1の態様に係る表示方法において、可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができる三原色表色系を定義し、この三原色表色系で個々の画素を表現したカラー画像を用意する段階と、この三原色表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示される種々の合成色のうち、カラー画像を構成する個々の画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を、当該画素に対応づける段階と、カラー画像を構成する個々の画素について、それぞれ対応づけられた合成色を示すベクトル合成式の各因数「 u 、 $\lambda\alpha$ 、 v 、 $\lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する段階と、を行うようにしたものである。

【0009】(3) 本発明の第3の態様は、上述の第2の態様に係る表示方法において、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」におけるベクトル $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ に相当する単色光として可視波長域内に有限個の単色光を定義するとともに、ベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」における係数 u および v の採るべき値として有限個の離散値を定義し、これら有限個の単色光および離散値に基づいて有限個の合成色を定義し、定義した有限個の合成色のうち、カラー画像を構成する画素のもつ画素色と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を選択し、選択した合成色を当該画素に対応づけるようにしたものである。

【0010】(4) 本発明の第4の態様は、上述の第3の態様に係る表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 u に

応じた表示領域内に配置した第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長に応じたピッチの回折格子を係数 v に応じた表示領域内に配置した第2の副画素と、を用意し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたものである。

【0011】(5) 本発明の第5の態様は、上述の第3の態様に係る表示方法において、選択された合成色を示すベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」に基づいて、単色光 $\lambda\alpha$ の波長をもったビームを係数 u に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第1の副画素と、単色光 $\lambda\beta$ の波長をもったビームを係数 v に応じた強度で所定の表示面上に照射したときのスポットとして現れる第2の副画素と、を形成し、これらの副画素によって該当画素の表現を行うようにしたものである。

【0012】(6) 本発明の第6の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示した媒体において、個々の画素を、少なくとも2つの副画素によって表現し、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度もしくは濃度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度もしくは濃度 v で表示され、用いられている単色光およびその輝度もしくは濃度が、個々の画素ごとにそれぞれ独立しているようにしたものである。

【0013】(7) 本発明の第7の態様は、上述の第6の態様に係る表示媒体において、個々の副画素内に、単色光を発する性質をもった表示領域を定義し、この表示領域の面積によって表示すべき単色光の輝度を調節するようにしたものである。

【0014】(8) 本発明の第8の態様は、上述の第6の態様に係る表示媒体において、個々の副画素内に、所定の面積をもった表示領域を定義し、この表示領域内に、表示すべき単色光に応じたピッチの回折格子を形成したものである。

【0015】(9) 本発明の第9の態様は、複数の画素からなるカラー画像を表示する装置において、所定の可視波長域にわたって波長を連続的にもしくは離散的に変調させることができ、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源と、この単色光光源で発生した単色光の強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった強度変調器と、この強度変調器によって変調された単色光ビームを所定の表示面に照射し、この表示面上に単色光ビームのスポットを形成し、このスポットを表示面上で走査することにより、表示面上にスポットからなる多数の画素を形成するビーム走査装置と、単色光光源に所定の波長指定信号を与えることにより、発生させる単色光波長を指定する波長変調制御と、強度変調器に所定の強度指定信号を与えることにより、単色光ビームの強度を指定する強度変調制御と、を行う機能をもった制御装置と、を設け、制御装置が、第1の単色光波長と第1の強度とを指定する第1の制御と、第2の単色

光波長と第2の強度とを指定する第2の制御と、を実行することにより、表示面上に1つの画素が形成されるようにしたものである。することにより、表示面上に1つの画素が形成されるようにしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】

<<<三原色表色系>>>ここでは、本発明をその基本原理に基づいて説明しながら実施の形態について述べることにする。図1は、CRTなどのディスプレイ装置へカラー画像を表示する場合に一般に利用されているRGB表色系の色立体を示す図である。この色立体は、R、G、Bの三座標軸をもった三次元座標系内に定義された立方体であり、この色立体内の1点Pは、R、G、Bの三原色の合成によって現される1つの色を示すことになる。たとえば、図示の1点Pは、この色立体内の座標値(r_p, g_p, b_p)を有しており、輝度値(もしくは濃度値、以下同様) r_p をもった原色Rと、輝度値 g_p をもった原色Gと、輝度値 b_p をもった原色Bと、の混合色として表現される色を示している。

【0017】この図1に示す色立体内の点は、いずれも0~1の範囲内の座標値をとるが、この色立体内の点だけによってすべての色が表現できるわけではなく、色立体外の点によって表現される色も存在する。たとえば、図1において、色立体外の1点Qは、この色立体外の座標値($r_q, g_q, -b_q$)を有しており、特に、B座標値は負の値をとっている。このように、負の座標値を含んだ1点Qによっても何らかの色が理論的には対応することになるが、実際には、このような色を三原色RGBで再現することは不可能である。このことは、次のような例を考えれば容易に理解できる。いま、RGBなる3本の光ビームを用意して、これを所定の表示面に照射したとする。このとき、光ビームRの強度を r_p とし、光ビームGの強度を g_p とし、光ビームBの強度を b_p とすれば、この3本の光ビームによって表示面に形成される3つのスポットを合成することにより、図1の色立体内の1点Pに対応する色を再現することはできる。同様に、図1の色立体外の1点Qに対応する色を再現するためには、光ビームBの強度を $-b_q$ とする必要があるが、実際には、光ビームの強度を負の値にすることは物理的にはできないので、結局、1点Qに対応する色はRGBなる三原色の組み合わせによっては再現できないことになる。

【0018】三原色表色系としては、この他にもCMY表色系など、いくつかの表色系が知られているが、どの表色系を採用するかによって、実用上再現できる色が若干異なってくることになる。RGB表色系としては、国際照明委員会(CIE)が1931年にその基準を制定している。このCIEが制定したRGB表色系では、 $R=700\text{nm}$ 、 $G=546.1\text{nm}$ 、 $B=435.8\text{nm}$ と、三原色RGBの基準波長が定められており、国際

的な基準となっている。しかしながら、このRGB表色系では、可視波長域内の単色光スペクトルをすべて表現することはできない。図1に示すスペクトル閉曲線Sは、380nm～660nmに至るまでの単色光（単一の波長をもった光）の色に対応する点を結んで得られた閉曲線であるが、その一部は、座標値が負をとる空間へはみ出している。したがって、RGB表色系では、表現することができない可視波長域内の単色光が存在することになる。CMY表色系でも同様に、表現することができない可視波長域内の単色光が存在する。

【0019】そこで、RGB表色系やCMY表色系に代わるXYZ表色系なるものが知られている。図2は、このXYZ表色系の色立体を示す図である。この色立体は、X、Y、Zの三座標軸をもった三次元座標系内に定義された立方体であり、この色立体内の1点Pは、X、Y、Zの三原色の合成によって表される1つの色を示すことになる。たとえば、図示の1点Pは、この色立体内の座標値（ x_p , y_p , z_p ）を有しており、輝度値 x_p をもった原色Xと、輝度値 y_p をもった原色Yと、輝度値 z_p をもった原色Zと、の混合色として表現される色を示しており、同様に、1点Qは、この色立体内の座標値（ x_q , y_q , z_q ）を有しており、輝度値 x_q をもった原色Xと、輝度値 y_q をもった原色Yと、輝度値 z_q をもった原色Zと、の混合色として表現される色を示している。ここで、図1に示すRGB表色系内の点P、Qと、図2に示すXYZ表色系内の点P、Qとは、それぞれ同一の色を表現しているにもかかわらず、各表色系における座標値は、それぞれ異なることになる。図示の例では、点Qは、RGB表色系では色立体外の点であるが、XYZ表色系では色立体内の点となっている。

【0020】ここで留意すべき点は、このXYZ表色系においては、可視波長域に相当する380nm～660nmに至るまでの単色光（単一の波長をもった光）の色に対応する点を結んで得られたスペクトル閉曲線Sが、X軸、Y軸、Z軸がいずれも正の値をとる象限内に位置*

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.2 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0 & 0.01 & 0.99 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

なる式によって一義的に行うことができる。すなわち、図1に示すRGB表色系における点P（ r , g , b ）によって表現された色（RGB表色系の色）をXYZ表色系の色に変換するには、上述の式に（ r , g , b ）の実際の値を代入して（ x , y , z ）の値を計算すればよい。得られた（ x , y , z ）が、図2に示すXYZ表色系における点P（ x , y , z ）の座標値となる。したがって、RGB表色系で表現された画像データを、XYZ表色系で表現された画像データに変換するには、個々の画素のもつ画素値（ r , g , b ）を、上式に基づいて画

*するという点である。別言すれば、このスペクトル閉曲線S上の点の3軸座標値はいずれも正の値をとるので、可視波長域内の単色光の色は、必ずXYZ表色系によって実際に再現することができることになる。参考のために、425nm～660nmまでの単色光についてのXYZ表色系における輝度値（ x , y , z ）の具体的な数値を以下の表に示しておく。

【0021】

【表1】

λ	x	y	z
425	0.2647	0.0295	1.2825
450	0.3707	0.0895	1.9948
475	0.1323	0.2199	1.0302
500	0.0038	0.4608	0.2185
525	0.1730	0.8233	0.0431
550	0.5298	0.9918	0.0040
575	0.9512	0.9152	0.0000
600	1.1240	0.6583	0.0000
625	0.7549	0.3396	0.0000
650	0.2683	0.1076	0.0000

（波長 λ ：単位nm）

なお、三原色X、Y、Zは、それぞれ三原色R、G、Bに近い色になるが、このXYZ表色系自体は、仮想的な加色混合系の基準色に基づく表色系というべきものであり、三原色X、Y、Zはいずれも可視単色光にはならず、また、このXYZ表色系内には人間の眼には認識できない色も含まれていることになる。

【0022】RGB表色系からXYZ表色系への変換は、

【0023】

【数1】

素値（ x , y , z ）に変換すればよい。

【0024】<<<二次元色度図上における色合成>>>ところで、図2に示すような三次元座標系を用いた色表現は、三次元空間上での表現になるため、紙面上での議論を行う上では不便である。そこで、3つの座標値の和が1となるような規格化を行い、このXYZ表色系を二次元平面上に表現する手法が一般に利用されている。図3に示すXY色度図は、このような手法を用いて、図2に示すXYZ表色系を二次元平面上に表現したものである。たとえば、図2における点P（ x_p , y_p , z

p) については、

$$x = x_p / (x_p + y_p + z_p)$$

$$y = y_p / (x_p + y_p + z_p)$$

なる規格化によって、 x 、 y が求められ、図3に示すXY色度図上で、二次元座標値(x 、 y)に相当する位置に対応点がプロットされることになる。図2に示したスペクトル閉曲線Sも、図3のXY色度図上では二次元の閉曲線になる。この図3のXY色度図では、ほぼU字状のスペクトル閉曲線S上に、波長420nm~660nmの区間内の単色光の位置を20nmおきにプロットして示した。ここで、短波長側の端点(420nmの点)と長波長側の端点(660nmの点)とが直線で結ばれ、スペクトル閉曲線Sによって閉領域が形成されているが、このスペクトル閉曲線S内部の閉領域内の任意の点に相当する色は単色光ではなく、複数の単色光を合成することによって得られる合成色になる。そして、この閉領域内の任意の点に相当する色は、スペクトル閉曲線S上の所定の3点に相当する3つの単色光を合成することによって表現できることが知られている。

【0025】一方、スペクトル閉曲線S上の所定の2点に相当する2つの単色光を合成すると、その2点を結ぶ線分L上の色が表現できることが知られている。この原理を図4のXY色度図に示す。この図4の例では、スペクトル閉曲線S上の1点 λ_α (波長500nmの単色光)と1点 λ_β (波長580nmの単色光)とが選択されており、両点間に線分Lが引かれている。この場合、線分L上の任意の点に相当する色は、点 λ_α に相当する波長500nmの単色光と点 λ_β に相当する波長580nmの単色光とを合成することにより表現できることになる。合成された色が、線分L上のどの色になるかは、合成比に基づいて決定される。すなわち、波長500nmの単色光の合成比を高めれば高めるほど、点 λ_α に近い色が表現され、波長580nmの単色光の合成比を高めれば高めるほど、点 λ_β に近い色が表現されることになる。

【0026】ところで、スペクトル閉曲線S上の任意の2点を結ぶ線分Lは無数に存在し、幾何学的には、スペクトル閉曲線Sで囲まれた閉領域内の任意の点を通る線分Lは無数に存在する。したがって、この閉領域内の任意の点の色(人間が認識可能なすべての色がここに含まれている)は、必ず、スペクトル閉曲線S上の2点に相当する単色光の合成によって表現することができ、しかも、その2つの単色光の組み合わせは無限に存在する。したがって、原理的には、たった2種類の単色光を用いたとしても、この閉領域内のすべての色を表現することが可能であり、しかもその自由度はかなり高いことになる。この自由度の高さに着目すれば、2種類の単色光のうち一方を固定したとしても、閉領域内のすべての色を表現することが可能であることがわかる。図5は、このように、一方の単色光を固定した場合の色表現方法を

示すXY色度図である。この例では、第1の単色光の波長 λ_α を420nmに固定している。このように、第1の単色光の波長 λ_α が固定されていたとしても、第2の単色光の波長 λ_β が自由であれば、この閉領域内のすべての色を表現することが可能である。なぜなら、第2の単色光の波長 λ_β は自由に設定できるので、線分の一方の端点 λ_α は固定されていたとしても、もう一方の端点 λ_β はスペクトル閉曲線S上を自由に動けるからである。

【0027】これは、スペクトル閉曲線Sで囲まれた閉領域内の任意の点に相当する色は、420nmの単色光と、もう1つの別な単色光とを合成することにより表現できることを意味する。このような原理が正しいことは、図6に示す人間の眼球内の錐体の分光感度特性からもわかる。一般に、人間の眼球内には、RGBの三原色による刺激を受ける3種類の錐体が存在し、これらの錐体の分光感度特性 S_R 、 S_G 、 S_B は、図6のグラフに示すようになることが知られている。ここで、感度特性 S_R 、 S_G は互いに重複しており、同一の単色光で2つの錐体に同時に刺激を与えることができることがわかる。また、感度特性 S_B のピーク位置は、図に破線で示すようにほぼ420nm付近に位置している。そこで、420nmという波長固定の単色光 λ_α により感度特性 S_B をもつ錐体に対する刺激を与え、波長可変の単色光 λ_β により感度特性 S_R をもつ錐体および感度特性 S_G をもつ錐体に対する刺激を与えるようにすれば、2つの単色光によって、3つの錐体のすべてに対して刺激を与えることができ、人間が認識できるほぼすべての色を表現することができることになる。本発明の基本的な着想は、このような原理により、2つの単色光の合成によって色表現を行う点にある。

【0028】<<<三次元ベクトルによる色合成>>>このように、2つの単色光の合成によって色表現を行う方法は、三次元座標系においてはベクトル合成として説明できる。たとえば、図7に示すXYZ表色系において、色立体内の任意の色を、原点Oからのベクトルで表すことにする。すなわち、スペクトル閉曲線S上の点P(x_α , y_α , z_α)に相当する単色光の色は、原点Oからこの点へ向かうベクトル λ_α によって表現され、同じくスペクトル閉曲線S上の別な点P(x_β , y_β , z_β)に相当する単色光の色は、原点Oからこの点へ向かうベクトル λ_β によって表現される(なお、本明細書では、電子出願の制約からベクトル記号は省略することとし、記号「 λ_α 、 λ_β 」は、特定の単色光もしくはその波長を示す記号としても、また、色立体上におけるこの単色光に相当する点を示すベクトルとしても、用いることにする)。ここで、ベクトル λ_α 、 λ_β と、所定の係数 u 、 v を用いたベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_\alpha + v \cdot \lambda_\beta$ 」を考えると、このベクトル合成式で表されるベクトルCは、2つの単色光 λ_α 、 λ_β の合成によって表現

される合成色 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ を示すものになる。なお、上記ベクトル合成式において、係数 u , v のいずれか一方が零、他方が1の場合、ベクトル C の示す合成色は単色光自身を示すことになる。そこで、本明細書において「合成色」なる文言は、「単色光の色」をも含んだ広い意味で用いることにする。

【0029】既に述べたように、RGB表色系とは異なり、XYZ表色系は、可視波長域の単色光をすべて正の座標値によって表現することができる三原色表色系であるため、ベクトル $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ はいずれも正の座標値をもった (x, y, z) の組み合わせで表現できる。また、図4あるいは図5のXY色度図における閉領域内の色

(人間が認識できるすべての色)も正の座標値をもった (x, y, z) の組み合わせで表現でき、これらの色を上記ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で表した場合、係数 u , v は必ず正の値になる。ちなみに、RGB表色系で同様のベクトル合成を試みると、 (r, g, b) の組み合わせで表現される特定の色をベクトル合成しようとした場合、係数 u , v が負の値をとる場合が生じ、実用上、支障を生じることになる。なぜなら、係数 u , v は、それぞれ単色光 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ の輝度値を示すものであるから、負の値をとった場合、そのような単色光を現実的に生成することができなくなるからである。本発明において、個々の画素の色をXYZ表色系で表現するのは、このような理由によるものである。

【0030】結局、XYZ表色系における (x, y, z) なる画素値で表現される色は、2つの単色光 $\lambda\alpha$ と $\lambda\beta$ との合成色で表わすことができる。具体的に、2つの単色光の組み合わせを求めるには、次のような方法を採ればよい。まず、図7に示すようなXYZ表色系の色立体内において、任意の単色光 $\lambda\alpha$ を示すベクトル $\lambda\alpha$ と任意の単色光 $\lambda\beta$ を示すベクトル $\lambda\beta$ とを用いたベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」によって示されるベクトル C に相当する種々の合成色を考える。これらの合成色は、色立体内では、ベクトル C の矢印の先端位置の点として表わされることになる。また、XYZ表色系における (x, y, z) なる画素値をもった画素は、色立体内では、点 $P(x, y, z)$ で示される位置の点として表わされる。そこで、矢印の先端位置が、点 $P(x, y, z)$ と同一位置を占めるようなベクトル C を求め、このベクトル C についてのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」を参照すれば、特定の2つの単色光 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ の組み合わせと、その合成比を示す係数 u , v が求まる。

【0031】<<<有限個の単色光および離散値をとる係数>>>図4のXY色度図に示されているように、スペクトル閉曲線 S で囲まれた閉領域内の任意の点を通る線分 L は、理論的には無数に存在する。これは、線分 L の両端点となる単色光 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ として、理論上は、スペクトル閉曲線 S のU字状部分の任意の点(すなわち、

420nm~650nmという連続波長域内の任意の波長)をとることができるからである。しかしながら、実用上は、このような無限種類の単色光を用いてカラー画像の表示を行うことは困難である。特に、後述するように、回折格子を用いて単色光を表現するような場合には、無限種類の回折格子を用意することは非常に困難であり、実用上は、有限種類の回折格子に限定する必要がある。そこで、後述する例では、波長425nmの単色光~波長650nmの単色光に至るまで、25nmごとのステップで10種類の単色光を定義している。図8は、このようにして定義された10種類の単色光を、XY色度図内にプロットしたものである。

【0032】用いる単色光を、このような10種類に限定してしまうと、線分 L を構成する両端点は、この10種類の単色光の中から選択する必要があるため、10種類の中から2つを選択する組み合わせ、すなわち合計でも45通りの組み合わせしかなくなる。図8に示されている45本の線分は、この組み合わせを示すものである。そして、この10種類の単色光のみを用いた場合には、この45本の線分上の点に相当する色しか表現できないことになる。

【0033】また、これまでは、2つの単色光 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ を合成するときの係数 u , v は、連続値をとることができるという前提で説明を行ってきたが、回折格子を用いて単色光を表現するような場合は、後述するように、これらの係数 u , v が離散値をとるようにせざるを得ない。後述する例では、係数 u , v は、0, 1/31, 2/31, 3/31, 4/31, ..., 30/31, 31/31 という合計32通りの離散値のいずれかをとる ($0 \leq u, v \leq 1$)。

【0034】このように、有限個の単色光および離散値をとる係数を用いることを前提とすると、XYZ表色系において (x, y, z) なる任意の画素値をもった色と完全に同一の色を、2つの単色光で正確に表現することはできなくなる。たとえば、図9に示すように、XYZ表色系の色立体内において、点 $P(x, y, z)$ で示される位置の点として表わされる画素色があったとしても、矢印の先端位置が、この点 $P(x, y, z)$ と完全に同一の位置を占めるようなベクトル C は、必ずしも存在しないことになる。このような場合は、矢印の先端位置が、この点 $P(x, y, z)$ の近傍位置を占めるようなベクトル C を代用することになる。図9の例では、ベクトル C の矢印の先端位置は点 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ であり、点 $P(x, y, z)$ とは完全には一致していないが、両者の距離 d は許容誤差範囲内であり、点 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ は、点 $P(x, y, z)$ の近傍の点ということができる。そこで、このベクトル C についてのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」を参照し、2つの単色光 $\lambda\alpha$, $\lambda\beta$ を、それぞれ係数 u , v に応じた輝度で表示することにより、点 P

(x, y, z) に相当する画素色を近似的に表現することになる。

【0035】 上述の例の場合、2つの単色光 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ は、いずれも予め定義した10種類の単色光のうちのいずれかであり、2つの係数 u, v のとりべき値は、32通りの離散値のいずれかになる。したがって、2つの単色光として、10種類の単色光の中から同一の単色光の選択を許すことにすれば、ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で表わされるベクトル C は、 $(32 \times 10 + 32 \times 10) = 320^2$ 通り存在することになる。すなわち、図9において、 $P(x\alpha\beta, y\alpha\beta, z\alpha\beta)$ に相当する点が 320^2 通り存在することになるので、この 320^2 通りの点の中から、所定点 $P(x, y, z)$ に一致する点もしくは近傍の点を1つだけ選択すればよい。別言すれば、ベクトル合成によって合成された 320^2 通りの合成色の中から、所定点 $P(x, y, z)$ で示される画素色に対応づける合成色を1つだけ選択すればよい。

【0036】 このような選択を行うための第1の方法は、 320^2 通りの合成色を示す点のそれぞれについて、所定点 $P(x, y, z)$ に対する色立体内における空間距離 d を計算し、この空間距離 d が最も小さい合成色を選択する方法である。同様の選択を行うための第2の方法は、予め許容誤差範囲 E を定めておき、空間距離 d が $d < E$ を満足するような合成色が見つかったら、直ちにその合成色を選択する方法である。この第2の方法では、 $d < E$ なる条件を満たす最初の合成色が選択されることになる。

【0037】 第1の方法を採れば、理論的には最も近い合成色が選択されることになるのに対し、第2の方法を採れば、必ずしも最も近い合成色は選択されない。しかしながら、実用上は、必ずしも第1の方法が優れているということとはできない。第1の方法では、 320^2 通りの合成色のすべてについて空間距離 d を求める演算を行う必要があるため、演算負担が膨大なものになるのに対し、第2の方法では、許容誤差範囲 E としてある程度の値を設定しておけば、比較的早く合成色の選択が行われる可能性があり、条件を満たす合成色が得られれば、残りの合成色についての演算を行う必要がないので、演算負担は軽減される。

【0038】 また、第1の方法に対して第2の方法が有するもうひとつのメリットは、実用上、より好ましい合成色を選択できる可能性がある点である。たとえば、所定の画素色の近傍にある合成色を1つだけ選択する場合に、第1候補の合成色と画素色との空間距離が d_1 であり、第2候補の合成色と画素色との空間距離が d_2 であったとすると、理論的には、第1候補の合成色が画素色に最も近い色であり、上述の第1の方法によれば、第1候補の合成色が選択されることになる。ところが、第1候補の合

成色では、 $u = 1/31, v = 2/32$ と係数値がいずれも零に近いのに対し、第2候補の合成色では、 $u = 30/31, v = 28/32$ と係数値がいずれも1に近い場合、実用上は、第2候補の合成色を選択した方が好ましい。なぜなら、係数値 u, v は、単色光を表示するときの輝度もしくは濃度を示す値であるから、鮮明な画像表示を行う上では、できるだけ大きな値のものを用いるのが好ましいからである。第2の方法において、係数値 u, v の大きな合成色から順番に空間距離の計算と条件判断を行うようにしておけば、上述の例での第2候補の合成色が、 $d < E$ なる条件を満足するものであった場合には、第2候補の合成色が選択されることになるのである。

【0039】 <<<本発明に係るカラー画像の表示方法の概要>>>続いて、図10を参照しながら、本発明に係るカラー画像の表示方法の概要を説明する。ここでは、RGB表色系で表現された原画像が存在する場合に、この原画像に基づいて本発明に係るカラー画像表示を行う処理の概要を説明する。RGB表色系で表現された原画像では、個々の画素について、画素値(r, g, b)が定義されている。このような画素 Q_1 をCRTディスプレイなどに表示するには、図10の左上に示すように、画素 Q_1 内に3つの副画素 Q_{11}, Q_{12}, Q_{13} を定義し、副画素 Q_{11} 内に原色Rを輝度 r で表示し、副画素 Q_{12} 内に原色Gを輝度 g で表示し、副画素 Q_{13} 内に原色Bを輝度 b で表示することになる。ところが、このような表示方法では、1画素が3つの副画素に分割されるため、全体的な輝度や解像度が低下し、また、3原色間の色ずれが生じるという問題があることは既に述べたとおりである。

【0040】 そこで、RGB表色系の画素値(r, g, b)を、XYZ表色系の画素値(x, y, z)に変換し、図9に示すようなXYZ表色系の色立体内に点 $P(x, y, z)$ を求める。このような $(r, g, b) \rightarrow (x, y, z)$ の変換は、前述した式に基づいて一義的に行うことができる。次に、前述した方法により、この点 $P(x, y, z)$ と同一位置もしくは近傍位置を占める合成色を求め、この合成色をもとの画素 Q_1 に対応づける。そして、この対応づけられた合成色についてのベクトル合成式「 $u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」の各因数「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」を参照して、第1の副画素に表示する第1の単色光 $\lambda\alpha$ およびその輝度 u と、第2の副画素に表示する第2の単色光 $\lambda\beta$ およびその輝度 v とを決定する。そして最後に、図10の右上に示すように、画素 Q_2 内に2つの副画素 Q_{21}, Q_{22} を定義し、第1の副画素 Q_{21} 内に第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度 u で表示し、第2の副画素 Q_{22} 内に第2の単色光 $\lambda\beta$ を輝度 v で表示する。

【0041】 図10に示す画素 Q_1 は、従来の一般的なRGB表色系によって特定の画素を表示したものであ

り、画素Q2は、本発明の方法によって同じ画素を表示したものである。要するに、本発明に係るカラー画像の表示方法では、1つの画素内には、2つの副画素が定義され、第1の副画素には第1の単色光 $\lambda\alpha$ が第1の輝度 u で表示され、第2の副画素には第2の単色光 $\lambda\beta$ が第2の輝度 v で表示されることになる。しかも重要な点は、RGB表色系による画像表示では、どの画素でも、常に原色R、原色G、原色Bの3つの原色が各副画素内に表示されるのに対し、本発明による画像表示では、個々の画素ごとに、その副画素内に表示される単色光が異なるということである。別言すれば、個々の画素ごとに、用いる単色光およびその輝度は、それぞれ独立して設定されていることになる。

【0042】より具体的に説明すれば、従来の一般的なRGB表色系(CMY表色系なども同様)による画像表示方法では、副画素内に表示される色は、どの画素でも常に原色R、原色G、原色Bの3つの原色に固定されており、個々の画素間では、この3原色についての輝度値(CMY表色系の場合は濃度値)が異なるだけである。これに対し、本発明による画像表示方法では、特定の単色光の組み合わせが固定されているわけではなく、個々の画素ごとにそれぞれ独立した単色光の組み合わせが生じることになる。もちろん、各単色光についての輝度値(値 u 、 v)も個々の画素ごとに独立していることになる。たとえば、

画素1: $\lambda\alpha=420\text{ nm}$, $u=18/32$, $\lambda\beta=580\text{ nm}$, $v=22/32$

画素2: $\lambda\alpha=550\text{ nm}$, $u=10/32$, $\lambda\beta=650\text{ nm}$, $v=12/32$

画素3: $\lambda\alpha=480\text{ nm}$, $u=14/32$, $\lambda\beta=560\text{ nm}$, $v=15/32$

画素4: $\lambda\alpha=500\text{ nm}$, $u=23/32$, $\lambda\beta=620\text{ nm}$, $v=32/32$

というように、 $\lambda\alpha$ 、 u 、 $\lambda\beta$ 、 v という4つの要素が画素ごとに全く独立して設定されることになる。

【0043】図10に示す画素Q1が3つの副画素に分割されているのに対して、画素Q2は2つの副画素に分割されている。したがって、本発明によれば、副画素を用いることによる輝度や解像度の低下といった問題、あるいは色ずれが生じるといった問題が、従来方法に比べて3/2倍だけ解消されることになる。

【0044】なお、図10に示す例では、画素Q2は2つの副画素Q21、Q22に分割されているが、より多数の副画素に分割することも可能である。たとえば、4つの副画素Q21a、Q21b、Q22a、Q22bに分割し、副画素Q21a、Q21b内には、第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度 u で表示し、副画素Q22a、Q22b内には、第2の単色光 $\lambda\beta$ を輝度 v で表示するという方法を採用することも可能である。要するに、本発明では、1つの画素内に、ベクトル合成式「 $C=u\cdot\lambda\alpha+v\cdot\lambda\beta$ 」で表わされる2つの単色光 $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ による合成色が表示されるようにすれば、副画素の形態はどのようなものでもかまわない。

【0045】

【実施例】以下、本発明を図示する実施例に基づいて説明する。

【0046】§1. 回折格子を用いた従来のカラー画像表示方法

クレジットカード、ビデオテープなどの偽造防止用シールとして、回折格子を利用したシールが一般に利用されており、このような回折格子を利用した画像表示媒体に、カラー画像を表示する方法が提案されている。たとえば、特願平6-177504号明細書には、個々の画素を回折格子で構成し、この回折格子の格子線ピッチにより色を表現し、回折格子の表示面積により輝度を表現する手法が開示されている。

【0047】図11は、このような回折格子Gを観察している状態を示す側面図である。回折格子Gの垂直上方から白色光を当てながら、この白色光の照射方向に対して角度 ϕ だけ傾いた方向から観察を行うと、

$$p \cdot \sin \phi = n \cdot \lambda$$

なるブラッグの式に基づく回折現象が起こる。ここで、 p は回折格子の格子線ピッチ、 ϕ は回折角、 λ はこの回折角 ϕ の方向に得られる回折光の波長、 n は回折光の次数である。したがって、観測方向を固定し(ϕ が一定)、1次の回折光($n=1$)だけを考慮することになれば、この固定された観測方向において観測される回折光の波長 λ は、回折格子のピッチ p に基づいて一義的に定まることになる。

【0048】ここでは、より具体的な数値で考えてみる。たとえば、図11において、 $\phi=30^\circ$ となるような観測方向から観測する場合を考える。すると、 $\sin \phi=1/2$ となるので、1次回折光についての $n=1$ の場合に、上述の式は、

$$p \cdot (1/2) = \lambda$$

となる。すなわち、この観測方向においては、回折格子ピッチ p の $(1/2)$ の波長をもった1次回折光が観測されることになる。そこで、たとえば、RGB表色系における各原色の波長を近似的に、原色R=600nm、原色G=500nm、原色B=400nmに設定したとすると、上述の観測条件では、ピッチ $p=1.2\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Rの波長の1次回折光が得られ、ピッチ $p=1.0\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Gの波長の1次回折光が得られ、ピッチ $p=0.8\mu\text{m}$ の回折格子からは原色Bの波長の1次回折光が得られることになる。こうして、この3種類の回折格子によって、RGB表色系の三原色を表示することができる。すなわち、1画素を3つの副画素によって構成し、これら3つの副画素内に、上述の3種類の回折格子をそれぞれ形成するようにすれば、この画素全体によって、RGB表色系の任意の

色を表示することが可能になる。

【0049】一方、個々の副画素の輝度は、表示面積によって調節することができる。たとえば、図12に示すように、回折格子形成領域Vが異なる5種類の回折格子パターンP11~P15を用意してみる。いずれも外枠は、副画素の全領域に対応しているが、この全領域内に必ず回折格子が形成されるわけではなく、所定の面積をもった回折格子形成領域V内のみ回折格子が形成されている。回折格子パターンP11では、回折格子形成領域Vの面積が0に設定されているため、このパターンP11を副画素に割り付けても、回折光の輝度は0になる。これに対して、回折格子パターンP15では、回折格子形成領域Vの面積が外枠の面積と等しく設定されているため、このパターンP15を副画素に割り付けば、回折光の輝度は最大となる。図12では、各回折格子パターンの下に、回折格子形成領域Vの外枠に対する面積比を示してある。ここでは、5種類の回折格子パターンP11~P15しか示されていないが、面積比が、 $0/31$, $1/31$, $2/31$, $3/31$, ..., $30/31$, $31/31$ となる合計32種類の回折格子パターンを用意しておけば、1つの原色について、32段階の輝度表現（5ビットの階調表現）が可能になる。

【0050】このように、回折格子の格子線ピッチによって色を設定することができ、表示面積（回折格子形成領域Vの面積）によって輝度を設定することができるので、たとえば、図13に示すように、1つの原色について32段階の輝度表現を行い、画素値0~31にそれぞれ対応づけられた32通りの回折格子パターンを用意し（図では、代表的な5段階のみを示してある）、これを各原色ごとにそれぞれ用意すれば、各原色ごとに5ビットの階調表現をもったカラー画像表示が可能になる。

【0051】これらの回折格子パターンを用いて、実際にカラー画像表示を行うには、たとえば、図14(a)に示すような割り付けを行えばよい。この例では、各正方形は1つの副画素を示しており、横方向に並んだ3つの副画素によって1画素が構成されている。すなわち、図のQ1, Q2, Q3は、いずれも1つの画素を構成している。画素Q1内の3つの副画素に記されたR1, G1, B1なる記号は、図13に示す回折格子パターンの中のいずれか1つのパターンを示している。ここで、R1は図13のRの列の中の1パターンであり、G1は図13のGの列の中の1パターンであり、B1は図13のBの列の中の1パターンである。画素Q2, Q3を構成する副画素についても同様である。ただ、3つの副画素についての三原色の配列順は、画素Q1, Q2, Q3において異なるようにしているが、これはより均一な色特性が得られるようにするための配慮である。図14(b)は、この三原色の配列順を変えた別な例である。図15は、図14(a)に示す割り付けに基づいて、媒体上に実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図であ

る。

【0052】以上、回折格子を用いた従来のカラー画像表示方法を簡単に説明したが、この方法にはいくつかの問題があることは既に指摘したとおりである。すなわち、この方法では、1画素が3つの副画素に分割され、しかも図15に示すように、回折格子が形成されていない領域がかなりの面積を占めることになるので、全体的な輝度が低下するという問題がある。また、解像度の限界は、個々の副画素の大きさによって左右されるため、1画素を3つの副画素から構成すると、本来得られるべき解像度の $1/3$ の解像度までしか実現できないことになる。更に、個々の副画素の配置に位置誤差があると、色ずれが生じることもなる。

【0053】§2. 回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の概要

そこで、この回折格子を用いたカラー画像表示方法に本発明を適用した実施例を以下に述べる。この実施例では、図13に示す回折格子パターンに代わって、図16に示す回折格子パターンが用意される。図示の便宜上、ここでは $3 \times 5 = 15$ 通りのパターンしか示していないが、実際には、 $10 \times 32 = 320$ 通りのパターンが用意される。すなわち、色に関しては、波長 425 nm （回折格子ピッチ $p = 0.85\text{ }\mu\text{ m}$ ）から、 25 nm 刻みで、波長 650 nm （回折格子ピッチ $p = 1.3\text{ }\mu\text{ m}$ ）に至るまで、合計10種類の単色光が用意され、輝度（輝度値 u または v で示される）に関しては、 $0/31$, $1/31$, $2/31$, $3/31$, ..., $30/31$, $31/31$ の合計32通りの階調が用意されている。

【0054】図17は、図16に示されている回折格子パターンを一覧表にして示したものである。この一覧表に示されている合計320通りのパターンの中から、所定の2つのパターンを選択し、この選択した2つのパターンを表の下に示したように並べれば、この2つのパターンによって1画素Q1が表現されることになる（別言すれば、個々のパターンがそれぞれ副画素Q11, Q12を構成することになる）。図17に示す例では、波長 λ_3 （ 475 nm ）の単色光が輝度（ $2/31$ ）で副画素Q11内に表示され、波長 λ_7 （ 575 nm ）の単色光が輝度（ $30/31$ ）で副画素Q12内に表示されている。このように、2つの副画素Q11, Q12の合成色として表示される画素Q1の色は、図18に示すXYZ表色系の色立体における所定の合成ベクトルCによって示される色であり、このベクトルCが、ベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_\alpha + v \cdot \lambda_\beta$ 」で表わされることは既に述べたとおりである。

【0055】図17の一覧表に示されている320通りのパターンの中から、2つのパターンを選択する組み合わせは、同一パターンを重複選択することを許せば、 320^2 通り存在することになる。そして、これらの各組み合わせは、それぞれ図18に示す色立体内の1点に対

応する合成色を示すことになる。既に述べたように、本発明による方法では、XYZ表色系の色立体において、点P(x, y, z)で示される画素色が与えられた場合、この点Pの近傍にある合成色を1つ選択し、この選択された合成色によって画素表示を行うことになる。具体的には、図18において、点P(x, y, z)と所定の合成色を示すベクトルCの矢印の先端との空間距離d*

$$d = \sqrt{(u \cdot x_{\alpha} + v \cdot x_{\beta} - x)^2 + (u \cdot y_{\alpha} + v \cdot y_{\beta} - y)^2 + (u \cdot z_{\alpha} + v \cdot z_{\beta} - z)^2}$$

なる幾何学的演算式を用いればよい。ここで、x, y, zは、点P(x, y, z)の各座標値、 x_{α} , y_{α} , z_{α} は、単色光ベクトル λ_{α} の矢印の先端点P(x_{α} , y_{α} , z_{α})の各座標値、 x_{β} , y_{β} , z_{β} は、単色光ベクトル λ_{β} の矢印の先端点P(x_{β} , y_{β} , z_{β})の各座標値である。

【0057】§3. 回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の手順

続いて、回折格子を用いた本発明のカラー画像表示方法の具体的な手順を、図19の流れ図に基づいて説明する。ここでは、RGB表色系によって表現された1画素を、本発明による方法で表示する場合の手順を説明する。RGB表色系による表現では、1画素は三原色RGBそれぞれについての画素値(r, g, b)で表わされる。そこで、まずステップS1において、この画素値(r, g, b)を入力する。ここでは、 $0 \leq r, g, b \leq 1$ となるように規格化された画素値を入力している。続いて、ステップS2において、このRGB表色系の画素値(r, g, b)を、XYZ表色系の画素値(x, y, z)に変換する。この変換は、前述したように、変換式に基づいて一義的に行うことができる。なお、以下の処理を、RGB表色系ではなくXYZ表色系で行う理由は、既に述べたように、XYZ表色系においては、可視波長域の単色光がすべて正の画素値によって表現できるため、必要な合成色を示す合成ベクトルCを得るためのベクトル合成式「 $C = u \cdot \lambda_{\alpha} + v \cdot \lambda_{\beta}$ 」の係数u, vが必ず正になるからである(係数u, vが負になると、負の面積をもった領域に回折格子を形成しなければなくなり、物理的に実現不可能になる)。

【0058】次に、ステップS3～S7において、種々のパラメータの初期値が設定される。まず、ステップS3では、許容誤差範囲Eの初期値を0.1/31に設定している。ここで述べる実施例では、空間距離dが最短の合成色を求める方法ではなく、空間距離dが所定の許容誤差範囲E未満であるという条件を満たす合成色を求める方法を採用している。ステップS3では、この許容誤差範囲Eの初期値が設定されることになる。続くステップS4では、第1の単色光 λ_{α} の初期値が650nmに設定され、ステップS5では、第2の単色光 λ_{β} の初期値が425nmに設定される。更に、ステップS6で

*を計算し、この空間距離dが最小となる合成色を選択するか、あるいは、空間距離dが所定の許容誤差範囲E内の1合成色を選択することになる。空間距離dを計算するには、具体的には、

【0056】

【数2】

は、第1の単色光 λ_{α} についての輝度値uの初期値が1.0に設定され、ステップS7では、第2の単色光 λ_{β} についての輝度値vの初期値が1.0に設定される。結局、このような初期設定では、図17に示す一覧表において、最も右側の列(λ_{10} の欄)の最も下の行(31/31=1.0の欄)のパターンと、最も左側の列(λ_1 の欄)の最も下の行(31/31=1.0の欄)のパターンとの組み合わせが、最初の候補の合成色となる。

【0059】続くステップS8では、この合成色と、もとの画素値(x, y, z)で表現される色との色立体上での空間距離dが計算され、ステップS9において、この空間距離dがステップS3で設定した許容誤差範囲E未満であるかどうか判断される。なお、三次元空間における空間距離dを計算し、 $d < E$ であるか否かを判断する代わりに、X軸方向に関する一次元の隔たり Δx 、Y軸方向に関する一次元の隔たり Δy 、Z軸方向に関する一次元の隔たり Δz をそれぞれ別個に算出し、三次元の許容誤差範囲Eの代わりに設定した一次元の隔たりに関する誤差eを用いて、 $\Delta x < e$ 、かつ、 $\Delta y < e$ 、かつ、 $\Delta z < e$ なる条件を満足していた場合には、誤差範囲内と判断するようにしてもよい。

【0060】このステップS8における判断において、誤差以上であった場合には、ステップS10からステップS11へと進み、輝度値vが(1/31)だけ減らされ、ステップS8からの処理が繰り返される。こうして、第2の単色光 λ_{β} についての輝度値vが、初期値1.0(31/31)から、30/31, 29/31, ...と更新され、その都度、新たな合成色についての空間距離dと許容誤差範囲Eとの比較が行われる。こうして、輝度値v=0になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS10からステップS12を経てステップS13へと進み、今度は輝度値uが(1/31)だけ減らされ、ステップS7からの処理が繰り返される。こうして、第1の単色光 λ_{α} についての輝度値uが、初期値1.0(=31/31)から、30/31, 29/31, ...と更新され、ステップS7～S13の手順が繰り返し実行される。

【0061】こうして、輝度値u=0になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS12から

ステップS14を経てステップS15へと進み、今度は第2の単色光 $\lambda\beta$ の波長が25nmだけ増加し($\lambda\beta=450\text{nm}$ となる)、ステップS6からの処理が繰り返される。こうして、第2の単色光 $\lambda\beta$ が、初期値425nmから、450nm、475nm、…と更新され、ステップS6～S15の手順が繰り返し実行される。そして、 $\lambda\beta=\lambda\alpha=650\text{nm}$ になっても、誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS14からステップS16を経てステップS17へと進み、今度は第1の単色光 $\lambda\alpha$ の波長が25nmだけ減少し($\lambda\alpha=625\text{nm}$ となる)、ステップS5からの処理が繰り返される。こうして、第1の単色光 $\lambda\alpha$ が、初期値650nmから、625nm、600nm、…と更新され、ステップS5～S17の手順が繰り返し実行される。

【0062】こうして、すべての合成色についての処理が完了しても、なお誤差内の合成色が見つからなかったら、ステップS16からステップS18へと進み、許容誤差範囲Eを($0.1/31$)だけ増加させ、条件を緩やかに設定しなおし、再びステップS4からの処理を繰り返し実行する。このような手順によれば、最後には必ずステップS9の条件を満足する合成色が見つかることになり、そのときには、ステップS9からステップS19へと進み、その合成色を確定する。すなわち、その時点での「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」の値が確定することになり、XYZ表色系の画素値(x, y, z)で表現された画素は、ベクトル合成式「 $C=u \cdot \lambda\alpha + v \cdot \lambda\beta$ 」で示される合成色で表示されることになる。

【0063】この手順で選択される合成色は、必ずしも空間距離dが最小のものではなく、空間距離dが許容誤差範囲E未満という条件を満たす合成色のうちの最初に見つかったものにある。しかしながら、実用上は、空間距離dが最小の合成色を見つける方法よりも、この手順の方法の方がメリットが得られる。その第1の理由は、ステップS3において、許容誤差範囲Eの初期値をある程度緩く設定しておけば、この初期設定のままで合成色が見つかる可能性が高くなり、320²通りの全合成色についてステップS8の演算を行う前に、選択すべき合成色が見つかる可能性が高く、演算負担が軽減されるからである。そして第2の理由は、空間距離dが最小の合成色よりも、より実用的に好ましい合成色が選択される可能性があるからである。ステップS6、S7の初期設定において、輝度値u、vの初期値は1.0であり、以下徐々に0まで減少させてゆく方法を採用している。したがって、輝度値のより大きな組み合わせが選択される確率が高くなる。実用上は、多少空間距離dが大きくても、輝度値のより大きい合成色を選択した方が、より鮮明な表示を行うことができる点で好ましいのである。

【0064】なお、ステップS1において入力される画素値(r, g, b)の組み合わせは、現実的には有限個である。たとえば、 r, g, b のそれぞれを0～31の

32階調で表現したとすれば、画素値(r, g, b)の全組み合わせは、32³通りである。そこで、この32³通りの組み合わせのすべてについて、図19に示す手順を実行し、それぞれについて、「 $u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$ 」の値を求める処理を行っておけば、図20に示すような「(r, g, b) $\rightarrow(u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta)$ 変換テーブル」を作成することができる。一旦、このような変換テーブルを作成してしまえば、この変換テーブルを利用して、任意の画素値(r, g, b)について選択すべき合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)を直ちに得ることができるので便利である。

【0065】§4. 回折格子記録媒体上の具体的な表示態様

図21(a)は、本発明に係る方法によって、2画素分の表示を行った状態を示す図である。画素Q1、Q2はいずれも2つの副画素から構成されている。画素Q1を構成する第1の副画素Q11には、単色光 $\lambda\alpha1$ が輝度値u1で表示されており、第2の副画素Q12には、単色光 $\lambda\beta1$ が輝度値v1で表示されている。同様に、画素Q2を構成する第1の副画素Q21には、単色光 $\lambda\alpha2$ が輝度値u2で表示されており、第2の副画素Q22には、単色光 $\lambda\beta2$ が輝度値v2で表示されている。画素Q1とQ2とで、第1の副画素と第2の副画素との配置が左右入れ替わっているのは、図19に示した手順を実行すると、第1の副画素に表示する単色光 $\lambda\alpha$ は、第2の副画素に表示する単色光 $\lambda\beta$ に比べて常に長波長側の色(赤側)になるため、隣接する画素ごとに、 $\lambda\alpha, \lambda\beta$ を入れ替えて全体的な色の均一性を確保するためである。図21(b)は、画素Q1、Q2内に、実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図である。

【0066】図22は、本発明に係る方法による具体的な表示態様の別な一例を示す図である。この例は、M行N列の画素マトリックスからなるカラー画像を表示する一態様を示すものである。ここでは、このM行N列に配列された個々の画素について、それぞれRGB表色系における画素値(r, g, b)が与えられているものとする。この実施例では、図22の右側に示すように、2行2列からなる単位副画素配列を定義し、この単位副画素配列を個々の画素に割り付けている。結局、1つの画素は4つの副画素によって表現されることになる。画素値(r, g, b)が与えられた1画素を本発明による方法で表示するためには、まず、この画素値(r, g, b)に対応する合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)を求める。これは、図19に示す手順を実行してもよいし、図20に示すテーブルを利用してもよい。

【0067】次に、得られた合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)を、図23に示すようにして表示する。すなわち、図の左上および右下の副画素には、合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha$ を輝度値uで表示し、図の左下および右上の副画素には、合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta$ を

輝度値 v で表示するのである。もちろん、本発明による方法では、少なくとも2つの副画素によって1画素を表示することができればよいので、2行2列の単位副画素配列の代わりに、たとえば、1行2列の単位副画素配列を用いてもかまわないが、このように、2行2列の単位副画素配列を用いると、画素の形状と副画素の形状を同一にすることができる。なお、図23に示す例において、第1の単色光 $\lambda\alpha$ を左上および右下に配置し、第2の単色光 $\lambda\beta$ を左下および右上に配置し、いわゆる「たすき掛け」配置を採っているのは、前述したように、図19に示した手順を実行すると、第1の単色光 $\lambda\alpha$ は、第2の単色光 $\lambda\beta$ に比べて常に長波長側の色（赤側）になるため、 $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\beta$ を入れ替えて全体的な色の均一性を確保するためである。

【0068】ところで、回折格子記録媒体では、複数の画像を同一面上に重畳して記録することが可能である。ここでは、このような重畳記録型媒体に本発明を適用した例を説明する。いま、図24に示すような画像1、画像2が用意されている場合を考える。いずれの画像も、7行7列に配された画素から構成され、個々の画素には、それぞれRGB表色系における画素値（ r 、 g 、 b ）が与えられているものとする。いま、図24に太枠で示した4行5列目の画素に着目し、画像1の着目画素には画素値（ r_1 、 g_1 、 b_1 ）が与えられており、画像2の着目画素には画素値（ r_2 、 g_2 、 b_2 ）が与えられていたときに、回折格子記録媒体上で、この4行5列目の画素をどのように表示すればよいかを考えてみる。

【0069】まず、RGB表色系で表現された画素値に基づいて、それぞれ1つの合成色を選択する。ここでは、画像1の着目画素の画素値（ r_1 、 g_1 、 b_1 ）に対して、合成色（ u_1 、 $\lambda\alpha_1$ 、 v_1 、 $\lambda\beta_1$ ）が選択され、画像2の着目画素の画素値（ r_2 、 g_2 、 b_2 ）に対して、合成色（ u_2 、 $\lambda\alpha_2$ 、 v_2 、 $\lambda\beta_2$ ）が選択されたとする。この場合、図22に示した例と同様に、1つの画素に対して2行2列の単位副画素配列を定義し、2つの合成色を、図25(a)に示すように表示するのである。すなわち、図の左上の副画素には、画像1側の合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha_1$ を輝度値 u_1 で表示し、図の右下の副画素には、画像1側の合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta_1$ を輝度値 v_1 で表示し、図の右上の副画素には、画像2側の合成色を構成する第1の単色光 $\lambda\alpha_2$ を輝度値 u_2 で表示し、図の左下の副画素には、画像1側の合成色を構成する第2の単色光 $\lambda\beta_2$ を輝度値 v_2 で表示するのである。しかも、画像1側の合成色を表示するための左上および右下の副画素については、格子線配置角度を 0° とし、画像2側の合成色を表示するための右上および左下の副画素については、格子線配置角度を 45° とする。

【0070】図25(b)は、配置角度が 0° の回折格子

と配置角度が 45° の回折格子の回折格子パターンとの相違を示す図である。このように、格子線の配置角度が異なる回折格子は、回折光が観測できる幾何学的な条件が互いに異なる。したがって、同一媒体上に、配置角度 0° の回折格子と配置角度 45° の回折格子とを混在させておくと、たとえば、媒体のある幾何学条件（たとえば、視線に対する媒体の角度を所定角度においた状態）で観察したときには、配置角度 0° の回折格子からの回折光のみが観測され、この同じ媒体を別な幾何学条件で観察したときには、配置角度 45° の回折格子からの回折光のみが観測される。

【0071】いま、この媒体を、配置角度 0° の回折格子からの回折光のみが観測されるような幾何学条件で観察している状態を考えると、図25(a)に示した単位副画素配列の中では、左上の副画素と右下の副画素だけが観測されることになる。これらの副画素は、いずれも画像1側の合成色を示す副画素であるため、画像1側の画素色が呈示されることになる。一方、この媒体を、配置角度 45° の回折格子からの回折光のみが観測されるような幾何学条件で観察している状態を考えると、図25(a)に示した単位副画素配列の中では、右上の副画素と左下の副画素だけが観測されることになる。これらの副画素は、いずれも画像2側の合成色を示す副画素であるため、画像2側の画素色が呈示されることになる。結局、同一の媒体でありながら、ある条件で観察すると画像1が表示され、別な条件で観察すると画像2が表示されることになる。

【0072】一般に、複数 n 枚のカラー画像を重畳表示する場合には、2つの副画素からなる組を n 組集めることにより1つの画素を構成し、各組ごとに回折格子の格子線配置角度を変え、各組ごとに異なるカラー画像を割り当てるようにすればよい。

【0073】§5. 回折格子記録媒体の作成装置

ここでは、上述した回折格子記録媒体を作成する装置の一例を、図26に示すブロック図に基づいて簡単に説明しておく。カラー画像生成部1は、グラフィックスアプリケーションソフトウェアなどを搭載したコンピュータによって構成され、RGB表色系による三原色の画素値が定義された多数の画素の集合としてカラー画像を作成する機能を有している。一方、カラー画像入力部2は、スキャナ装置などにより構成され、紙面上に描かれたカラー原稿やカラーフィルムなどから、カラー画像を入力する機能を有する。いずれの装置を用いた場合であっても、結果的に、32階調のRGB画素データが用意できる。

【0074】こうして用意されたRGB画像データは、変換処理部3に与えられる。変換処理部3は、個々の画素のもつ画素値（ r 、 g 、 b ）を、所定の合成色（ u 、 $\lambda\alpha$ 、 v 、 $\lambda\beta$ ）に変換する処理を行う。この変換処理は、実際には、変換テーブル4を引く単純な処理にな

る。変換テーブル4は、図20に示すようなテーブルであり、変換テーブル生成部5によって予め作成しておく。変換テーブル生成部5は、図19に示す手順を実行することにより、変換テーブル4を作成する機能を有する。

【0075】変換処理部3によって、個々の画素には特定の合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)が対応づけられた状態になる。パターン合成部6は、これら個々の画素について、所定の画素パターンを割り付ける処理を行う。画素パターンファイル7には、図16に示すような種々の回折格子画素パターンが用意されている。実際には、図17の一覧表に示すように、合計320通の画素パターンが画素パターンファイル7内に用意される。特定の合成色($u, \lambda\alpha, v, \lambda\beta$)が定まると、($u, \lambda\alpha$)の組み合わせにより1つの画素パターンが選択され、($v, \lambda\beta$)の組み合わせによりもう1つの画素パターンが選択される。結局、1つの画素について、2つの画素パターンが選択されることになる。パターン合成部は、こうして選択された2つの画素パターンを副画素として割り付ける処理を行う。

【0076】個々の画素パターンは、回折格子パターンであるから、パターン合成部6が出力するデータは、回折格子パターンデータとなる。この回折格子パターンデータは、データフォーマット変換装置8を介して、電子ビーム描画装置9に与えられる。データフォーマット変換装置8は、パターン合成部6で作成された回折格子パターンデータのデータフォーマットを、電子ビーム描画装置9が取り扱えるデータフォーマットに変換する処理を行う装置である。電子ビーム描画装置9は、半導体マスクなどの作成に利用されている一般的な描画装置であり、電子ビームを用いて回折格子パターンを所定の媒体上に描画し、回折格子原版10を作成する。この回折格子原版10を用いて、プレス装置11による印刷の手法により、多数の回折格子記録媒体12を作成することができる。

【0077】図17の一覧表に示す例では、波長 λ のステップを25nmおきに設定しているが、このステップは、電子ビーム描画装置9による描画解像度を考慮して設定するのが好ましい。回折角度 $\phi=30^\circ$ の1次回折光については、波長で25nmの差は、回折格子ピッチでは50nmの差に相当するので、電子ビーム描画装置9は、この50nmのピッチ差を十分に描画しうだけの解像度を有している必要がある。現在、一般的に用いられている電子ビーム描画装置は、この程度の解像度を備えているのが普通である。より解像度の高い電子ビーム描画装置を用いる場合には、波長 λ のステップをより細かく設定し、より多数の合成色を用意するようにすれば、より品質の高い色表現が可能になる。

【0078】§6. 波長可変レーザを用いたディスプレイへの応用

これまでの実施例では、回折格子記録媒体上にカラー画像を表示する場合に本発明を適用した例を述べてきたが、本発明は、カラー画像の表示分野一般に広く適用可能なものである。ここでは、波長可変レーザを用いたディスプレイへの応用例を述べる。

【0079】図27は、従来用いられている一般的なレーザを用いたディスプレイ装置の基本構成図である。このディスプレイ装置の構成要素は、レーザ21、22、23、光変調器24、25、26、反射鏡27およびダイクロイックミラー28、29、反射鏡30、ガルバノメータ31、リレーレンズ32、33、回転多面鏡34、反射鏡35、スクリーン36である。レーザ21、22、23は、それぞれ三原色RGBの波長のレーザビームを発生し、これら3本のレーザビームは、それぞれ光変調器24、25、26を通して、反射鏡27およびダイクロイックミラー28、29で合成される。こうして合成された多色光レーザビームは、反射鏡30、ガルバノメータ31、リレーレンズ32、33、回転多面鏡34、反射鏡35を経て、スクリーン36上に照射される。ここで、ガルバノメータ31は図の矢印の方向に回転するため、スクリーン36上のスポットが垂直走査され、回転多面鏡34も図の矢印の方向に回転するため、スクリーン36上のスポットが水平走査される。こうして、スクリーン36上には、二次元カラー画像が表示されることになる。

【0080】このようなディスプレイ装置では、やはりRGBの三原色によって1画素を表現することになるため、解像度の低下や色ずれなどの問題が生じることになる。この装置に本発明を適用すれば、図28に示すようなディスプレイ装置を構成することができる。この装置は、図27に示す従来装置における光源部周辺の構成要素を置換したものであり、光源部周辺は、波長可変レーザ41と、波長変調器42と、強度変調器43と、制御装置44と、によって構成されている。

【0081】波長変調器42は、与えられた波長変調信号に基づいて、波長可変レーザの発振波長を制御する機能を有する。波長変調操作としては、所定の可視波長域にわたって連続的に波長を変化させる変調操作ができれば理想的であるが、離散的ないくつかの波長を選択する変調操作ができれば十分である。たとえば、図17の一覧表に示された10種類の波長値 $\lambda_1 \sim \lambda_{10}$ (425nm~650nm)のうちのいずれか1つを選択できるような構成になっていれば、前述した回折格子記録媒体の実施例とほぼ同様のカラー画像表示が可能になる。いずれにしても、この波長可変レーザ41および波長変調器42は、単色光をビーム状にして発生させる機能をもった単色光光源を構成することになる。

【0082】強度変調器43は、波長可変レーザ41で発生したレーザビームの強度を連続的にもしくは離散的に変調する機能をもった装置であり、レーザビームは、

強度変調信号で指示された強度でこの強度変調器43から出力されることになる。このレーザビームは、反射鏡30以降の光学系を通して、最終的にスクリーン36にスポットとして照射されることになるが、これらの光学系の構成は、前述した従来のディスプレイ装置のものと同じである。ただ、従来装置では、スクリーン36に照射されるビームは多色光であったのに対し、この装置では、単色光ビームがスクリーン36に照射されることになり、スクリーン36上に形成されるスポットは単色光のスポットになる。なお、このように、光学系を通るビームは単色光になるので、この装置では、高価な回転多面鏡34の代わりに、安価な回折格子を代用することも可能である。

【0083】制御装置44は、波長変調器42に対しては波長変調信号（波長を指定する信号）を与え、強度変調器43に対して強度変調信号（強度を指定する信号）を与える機能を有する。

【0084】いま、第1の瞬間に、波長変調信号として、所定の波長 $\lambda\alpha$ を示す信号を与え、同時に、強度変調信号として、所定の強度 u を示す信号を与えたとすれば、その時点において、スクリーン36上には、波長 $\lambda\alpha$ の単色光が強度 u で照射されて第1のスポットが形成される。続いて、第2の瞬間に、波長変調信号として、所定の波長 $\lambda\beta$ を示す信号を与え、同時に、強度変調信号として、所定の強度 v を示す信号を与えたとすれば、その時点において、スクリーン36上には、波長 $\lambda\beta$ の単色光が強度 v で照射されて第2のスポットが形成される。このように時分割により2つのスポットを形成し、第1のスポットを第1の副画素、第2のスポットを第2の副画素とすれば、これまで述べてきた実施例と同様に、スクリーン36上には、2つの副画素からなる画素が表示されることになる。そこで、各画素位置の走査時にタイミングを合わせて、その画素に表示すべき合成色を実現するための所定の波長変調信号および強度変調信号を適宜与えるような制御を行えば、スクリーン36上に所望のカラー画像を表示することが可能になる。

【0085】§7. カラープリンタへの応用

最後に本発明をカラープリンタへ応用した実施例を述べておく。図29は、この本発明に係るカラープリンタの基本構成図である。このカラープリンタは、インキ保持部51と、インキ付着部52と、制御装置53と、を有する。インキ保持部51には、複数のインキが保持されている。これらのインキは、所定の可視波長域内に離散的な波長分布をもって定義された複数の単色光にそれぞれ対応している。図示の例では、波長425nm, 450nm, 475nm, ..., 625nm, 650nmの離散的な10種類の単色光のそれぞれに対応した10種類のインキが用意されている。

【0086】もっとも、レーザ光や回折格子からの回折光とは異なり、通常用いられているインキからの反射光

を利用したのでは本発明は実現できない。本発明をカラープリンタへ応用するには、蛍光性あるいは燐光性をもったインキを用いることになる。したがって、インキ保持部51内に用意する複数のインキは、一応、特定の波長に対応したスペクトル特性をもったインキであればよい。たとえば、「波長500nmに対応したインキ」としては、理想的には「波長500nmの線スペクトルの蛍光が得られるインキ」を用いるのが好ましいが、実用上は、「蛍光スペクトルのピーク位置がほぼ500nmの位置にくるようなインキ」を用いればよい。要するに、本明細書において、「単色光に対応したインキ」なる文言は、「そのインキを観察したときに得られるスペクトルのピーク位置がほぼその単色光位置にくるようなインキ」の意味である。

【0087】インキ付着部52は、このインキ保持部51内に保持されている複数のインキのうち指定されたインキを、所定の表示面54（通常は紙面）の指定位置に、指定された密度もしくは面積で付着させる機能を有する。制御装置53は、このインキ付着部52に対して、インキの指定、位置の指定、密度もしくは面積の指定を行う。

【0088】いま、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\alpha 1$ を、表示面54上の副画素Q31の位置へ、面積 $u1$ で付着させるような第1の制御信号を与えたとすると、図示のように、副画素Q31内の所定の面積からなる表示領域にインキ $\lambda\alpha 1$ の層が形成される。続いて、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\beta 1$ を、表示面54上の副画素Q32の位置へ、面積 $v1$ で付着させるような第2の制御信号を与えたとすると、図示のように、副画素Q32内の所定の面積からなる表示領域にインキ $\lambda\beta 1$ の層が形成される。ここで、この副画素Q31、Q32によって、画素Q3を構成するようにすれば、画素Q3には、ベクトル合成式「 $u1 \cdot \lambda\alpha 1 + v1 \cdot \lambda\beta 1$ 」で表わされる合成色が表示されることになる。もっとも、前述したように、 $\lambda\alpha 1$ および $\lambda\beta 1$ は完全な単色光波長にはならないので、本発明の基本原理に基づく色表現が正確に行われるわけではないが、実用上は大きな問題にはならない。

【0089】上述した画素Q3では、インキを付着させる面積によって発光輝度の制御を行っているが、インキを付着させる密度によって輝度制御を行った例を画素Q4として示す。この画素Q4の表示を行うには、制御装置53によって、所定のインキ $\lambda\alpha 2$ を、表示面54上の副画素Q41の位置へ、密度 $u2$ で付着させるような第1の制御信号を与えたとともに、所定のインキ $\lambda\beta 2$ を、表示面54上の副画素Q42の位置へ、密度 $v2$ で付着させるような第2の制御信号を与えればよい。インキは、副画素Q41、Q42の全領域内に付着されるが、密度はそれぞれ異なったものとなる。

【0090】

【発明の効果】以上のとおり本発明によれば、1画素を2種類の単色光によって表現することによりカラー画像表示を行うようにしたため、従来の三原色を用いた表示に比べて、表示輝度および解像度を向上させることができ、また、色ずれの発生を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】CRTなどのディスプレイ装置へカラー画像を表示する場合に一般に利用されているRGB表色系の色立体を示す図である。

【図2】可視波長域の単色光を正の画素値によって表現することができるXYZ表色系の色立体を示す図である。

【図3】図2に示すXYZ表色系を二次元平面上に表現したXY色度図である。

【図4】図3に示すXY色度図において、スペクトル閉曲線S上の所定の2点に相当する2つの単色光を合成すると、その2点を結ぶ線分L上の色が表現できる原理を示す図である。

【図5】一方の単色光を固定した場合の色表現方法を示すXY色度図である。

【図6】人間の眼球内の錐体の分光感度特性を示す図である。

【図7】2つの単色光の合成によって色表現を行う原理を、XYZ表色系におけるベクトル合成として説明するための図である。

【図8】離散分布した有限個の単色光の組み合わせによる色表現方法を示すXY色度図である。

【図9】XYZ表色系で表現された所定の画素色P(x, y, z)とベクトル合成色との色立体上での空間距離を示す図である。

【図10】本発明に係るカラー画像の表示方法の概要を説明する図である。

【図11】一般的な回折格子Gを観察する状態を示す側面図である。

【図12】回折格子形成領域Vの面積が異なる複数の回折格子パターンの一例を示す図である。

【図13】回折格子形成領域の面積および格子線ピッチが異なる複数の回折格子パターンの一例を示す図である。

【図14】図13に示す回折格子パターンを用いて、実際にカラー画像表示を行う場合の割付態様を示す図である。

【図15】図14(a)に示す割付態様に基づいて、媒体上に実際に回折格子パターンを割り付けた状態を示す図である。

【図16】回折格子を用いたカラー画像表示方法に本発明を適用する場合に用意する回折格子パターンの一例を示す図である。

【図17】図16に示されている回折格子パターンを一覧表にして示した図である。

【図18】XYZ表色系で表現された所定の画素色P(x, y, z)とベクトル合成色との色立体上での空間距離とその算出方法を示す図である。

【図19】本発明に係る方法において、RGB表色系で表現された画素値(r, g, b)に基づいて、その近傍の合成色(u, λ_α, v, λ_β)を選択する処理の手順の一例を示す流れ図である。

【図20】図19に示す処理を行うことにより得られた(r, g, b) → (u, λ_α, v, λ_β)変換テーブルを示す図である。

【図21】本発明に係る方法によって、2画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図22】本発明に係る別な表示態様の一例を示す図である。

【図23】図22に示す表示態様により、1画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図24】本発明において、複数の画像を同一面上に重ねて記録する方法を説明する図である。

【図25】図24に示す方法により、1画素分の表示を行った状態を示す図である。

【図26】本発明に係る方法により回折格子記録媒体を作成する装置の一例を示すブロック図である。

【図27】従来用いられている一般的なレーザを用いたディスプレイ装置の基本構成図である。

【図28】図27に示すディスプレイ装置に本発明を適用した実施例の基本構成図である。

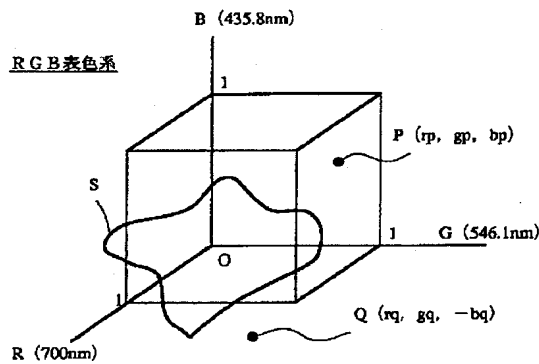
【図29】カラープリンタに本発明を適用した実施例の基本構成図である。

【符号の説明】

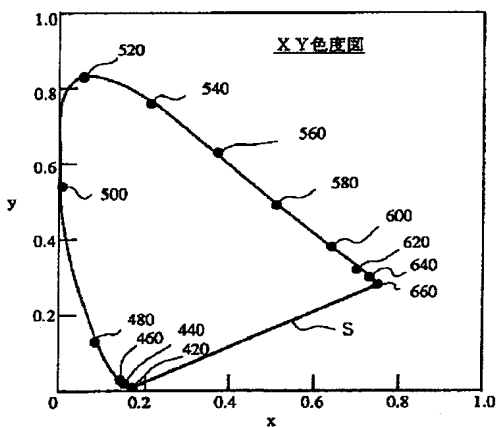
- 1…カラー画像生成部
- 2…カラー画像入力部
- 3…変換処理部((r, g, b) → (u, λ_α, v, λ_β))
- 4…変換テーブル
- 5…変換テーブル生成部
- 6…パターン合成部
- 7…画素パターンファイル
- 8…データフォーマット変換装置
- 9…電子ビーム描画装置
- 10…回折格子原版
- 11…プレス装置
- 12…回折格子記録媒体
- 21, 22, 23…レーザ
- 24, 25, 26…光変調器
- 27…反射鏡
- 28, 29…ダイクロイックミラー
- 30…反射鏡
- 31…ガルバノメータ
- 32, 33…リレーレンズ
- 34…回転多面鏡

- 3 5 … 反射鏡
 3 6 … スクリーン
 4 1 … 波長可変レーザ
 4 2 … 波長変調器
 4 3 … 強度変調器
 4 4 … 制御装置
 5 1 … インキ保持部
 5 2 … インキ付着部
 5 3 … 制御装置
 5 4 … 表示面 (紙面)
 C … 合成色を示すベクトル
 d … 色立体内での空間距離
 G … 回折格子
 P … 色立体内の点

【図 1】

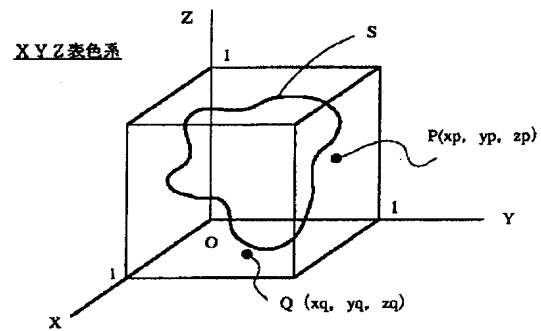


【図 3】

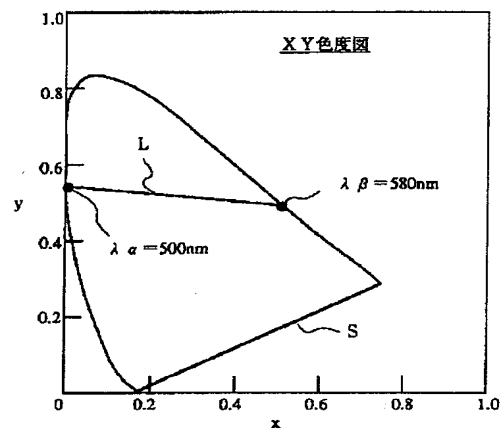


- * P 1 1 ~ P 1 5 … 回折格子パターン
 p … 格子線ピッチ
 Q … 色立体内の点
 Q 1, Q 2, Q 3, Q 4 … 画素
 Q 1 1, Q 1 2, Q 1 3, Q 2 1, Q 2 2, Q 3 1, Q 3 2, Q 4 1, Q 4 2 … 副画素
 S … スペクトル閉曲線
 V … 回折格子形成領域
 u, v, u 1, v 1, u 2, v 2 … ベクトル合成式の係数、輝度値、濃度値、強度値
 10 数、輝度値、濃度値、強度値
 $\lambda \alpha$, $\lambda \alpha 1$, $\lambda \alpha 2$ … 第 1 の単色光、第 1 の単色光の波長、第 1 の単色光を示すベクトル
 $\lambda \beta$, $\lambda \beta 1$, $\lambda \beta 2$ … 第 2 の単色光、第 2 の単色光の波長、第 2 の単色光を示すベクトル
 *

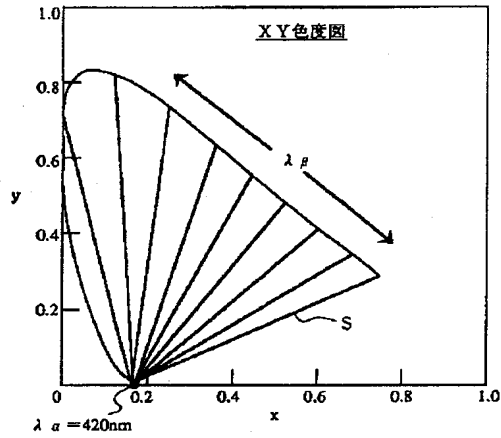
【図 2】



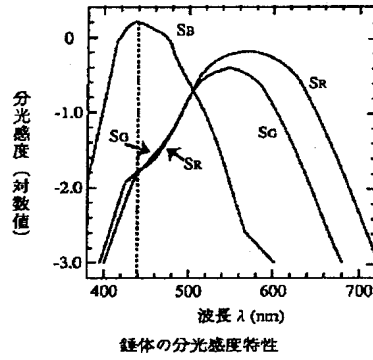
【図 4】



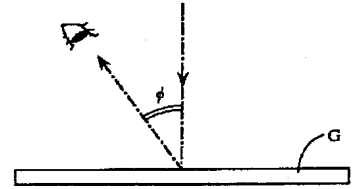
【図5】



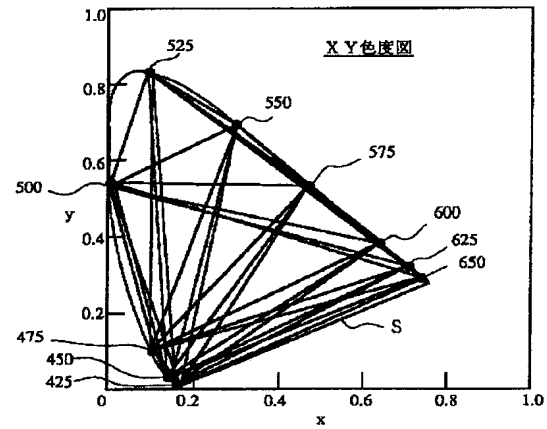
【図6】



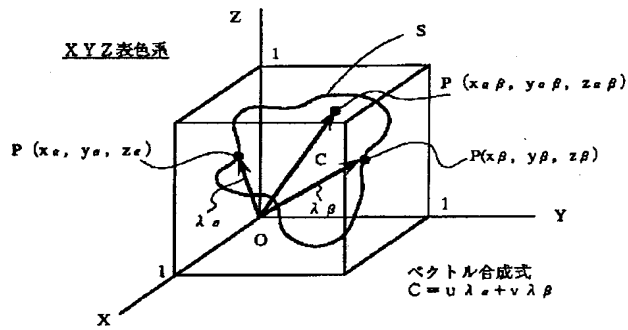
【図11】



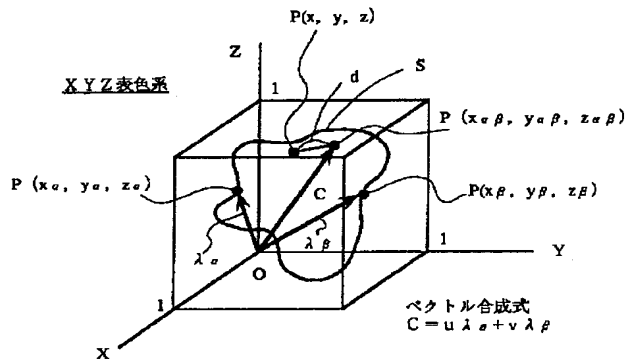
【図8】



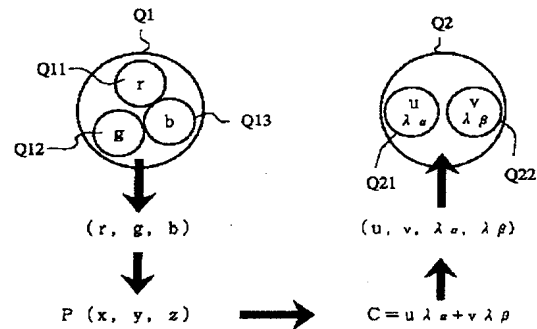
【図7】



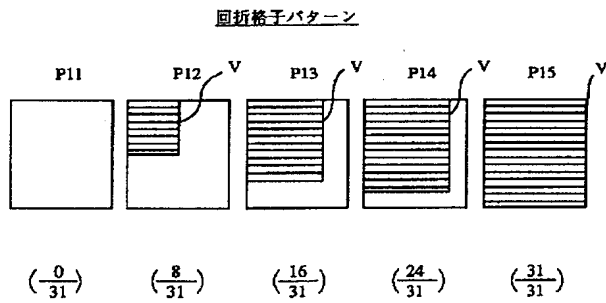
【図9】



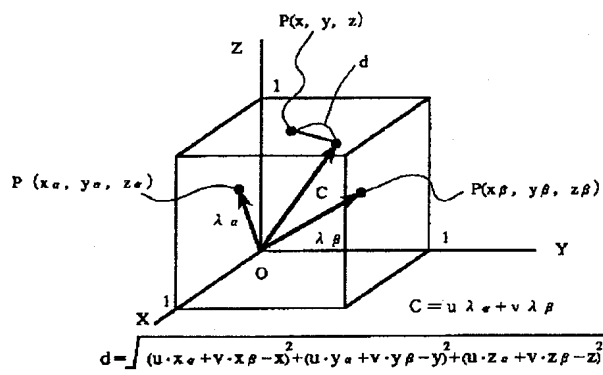
【図10】



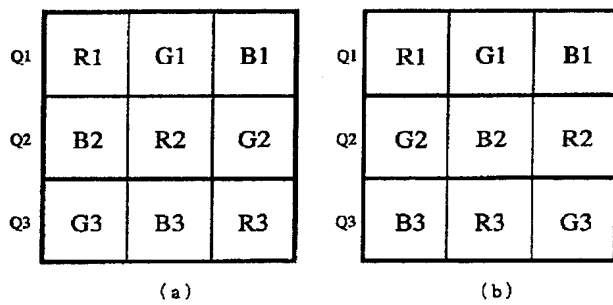
【図12】



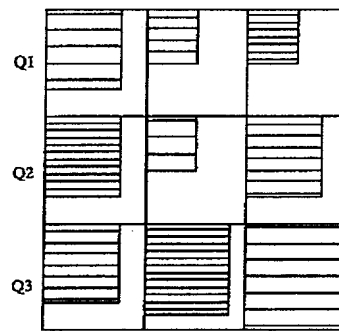
【図18】



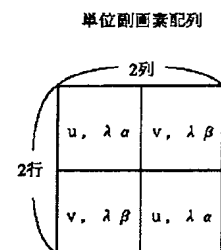
【図14】



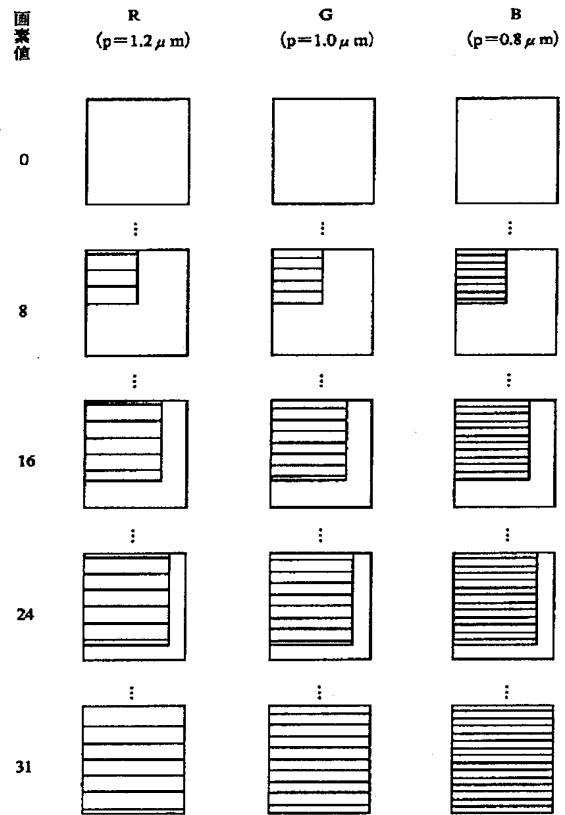
【図15】



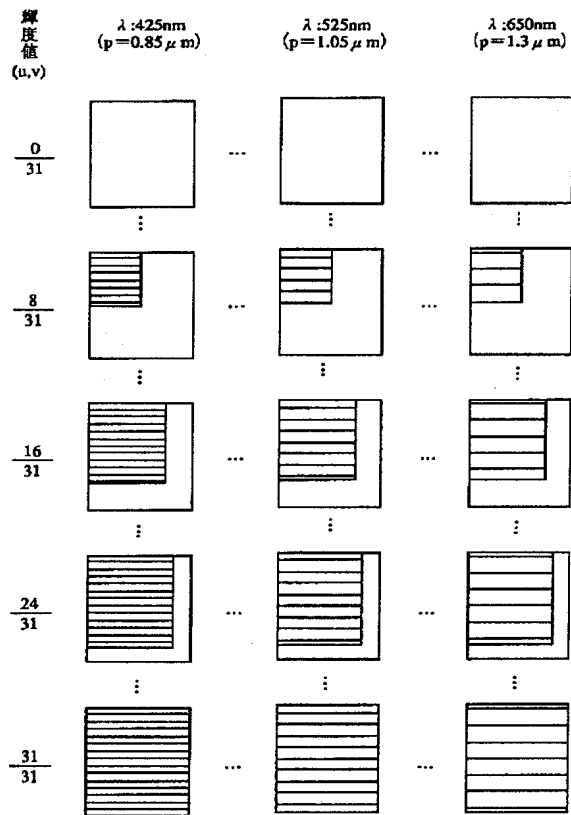
【図23】



【図13】

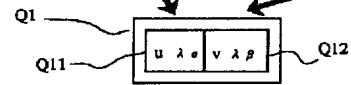


【図16】



【図17】

$u, v \backslash \lambda$	$\lambda 1$ (425)	$\lambda 2$ (450)	$\lambda 3$ (475)	$\lambda 4$ (500)	$\lambda 5$ (525)	$\lambda 6$ (550)	$\lambda 7$ (575)	$\lambda 8$ (600)	$\lambda 9$ (625)	$\lambda 10$ (650)
0/31										
1/31										
2/31			$u \lambda \alpha$							
3/31										
\vdots										
29/31										
30/31								$v \lambda \beta$		
31/31										

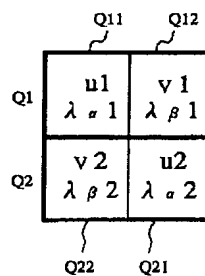


【図20】

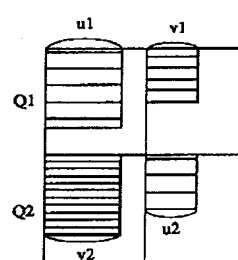
$(r, g, b) \rightarrow (u, \lambda \alpha, v, \lambda \beta)$ 変換テーブル

r	g	b	u	$\lambda \alpha$	v	$\lambda \beta$
0	0	0	0	650	0	425
1	0	0	0	650	0	425
2	0	0	1	650	0	425
3	0	0	2	650	0	425
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
31	31	31	31	575	31	425

【図21】

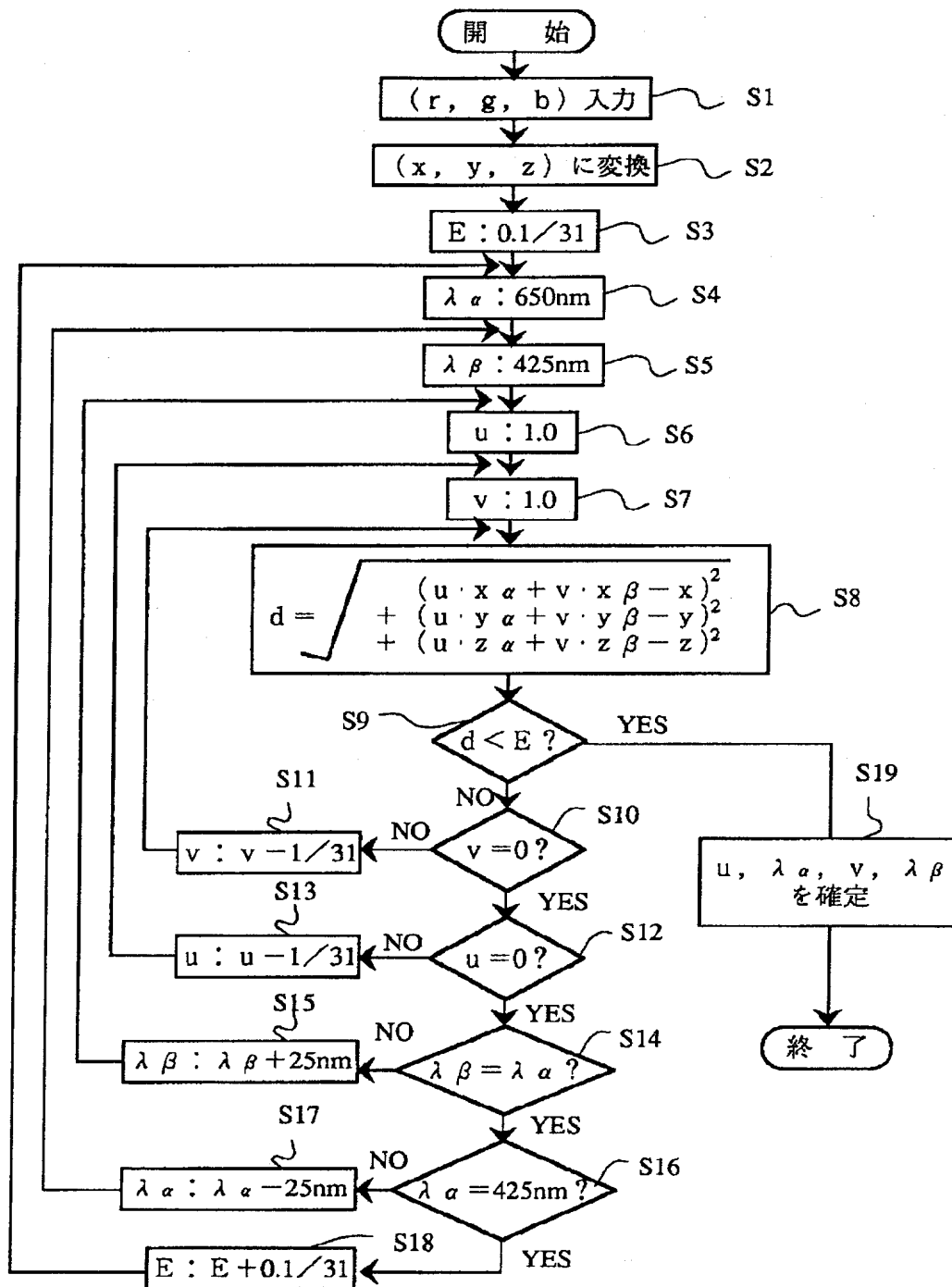


(a)

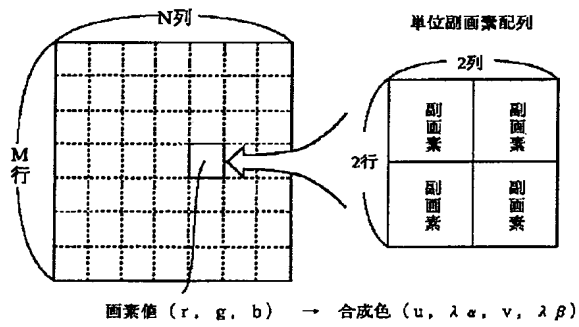


(b)

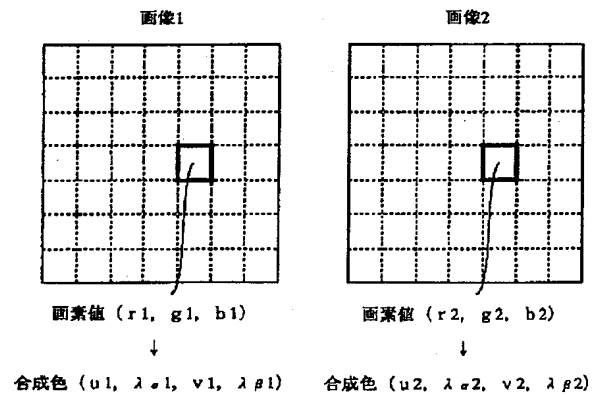
【図19】



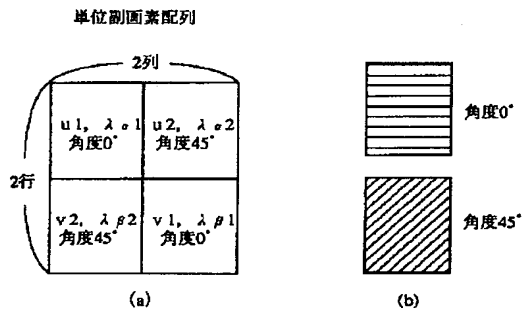
【図22】



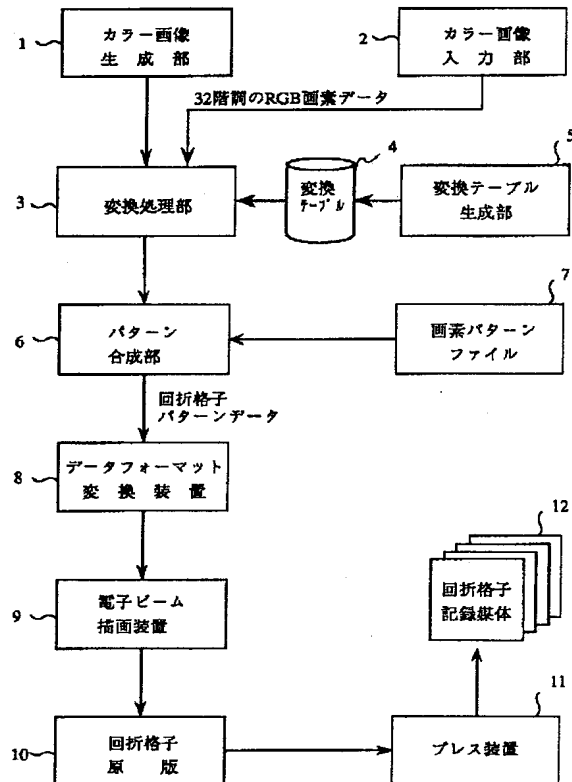
【図24】



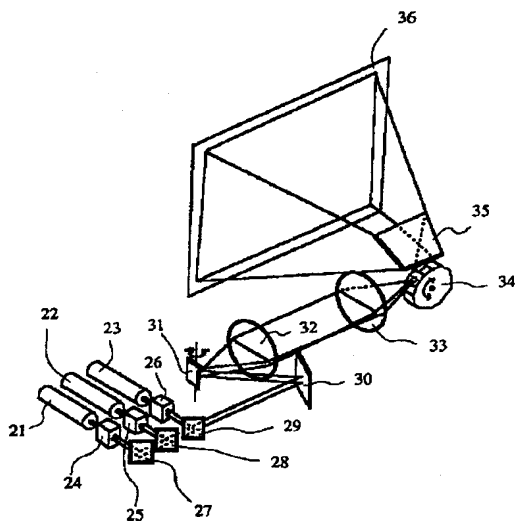
【図25】



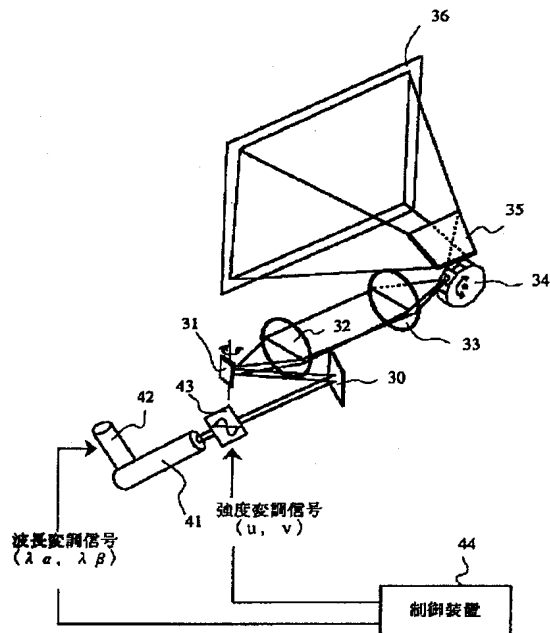
【図26】



【図27】



【図28】



【図29】

